

国際化学オリンピック

東京理科大学 教育支援機構 理数教育研究センター 教授 **わたなべ ただし** **渡辺 正**

はじめに

野球なら大谷翔平君，ジャンプなら高梨沙羅さん……と，ヒーロー・ヒロインがスポーツ界を活性化させ，少年少女を誘います。どんな世界にも少数（1%程度？）の牽引役が欠かせないのですが，学術や産業の世界も例外ではありません。

国の将来を担う人材の卵を見つけ，大きく育てる……それが高校生の国際科学オリンピックです。とりわけ，天然資源に乏しくて科学技術創造立国を標榜する日本にとって，「出る杭を引っ張る」意義はたいへん大きいといえましょう。

いま日本が代表を送っている科学オリンピック（理数系7教科）のうち，20年近く関与してきた化学オリンピック（IChO = International Chemistry Olympiad）のことを，以下でご紹介します。全体像を知りたい方は，東京理科大学出版センター編の本（『めざせ国際科学オリンピック』，2014年）や，IChOで競う内容（実験，筆記）を紹介した本（『完全攻略

化学オリンピック』第2版，日本評論社，2013年）をご参照ください。

IChOの略史

チェコスロバキアとハンガリー，ポーランドの3カ国が1968年，プラハで高校生の学力コンテストを開催しました。「先進国に追いつくため，優秀な若者を発掘・育成しよう」が動機だったようです。しばらくは旧東欧圏だけの行事でしたが，1974年にスウェーデンが参加し，やがて西側諸国や中国などのアジア諸国も続々と加わって，たちまち「国際行事」らしい姿になっています。

1990年代のソ連邦崩壊で参加国も増え，図1のとおり，2014・2015年には75カ国になりました（2016年は，主催予定のパキスタンが政府との意思疎通に不備があったらしく「ドタキャン」となり，急きょジョージア（旧グルジア）に変わったせいもあって67カ国に減少）。

今後は当面，2017年にタイ，2018年にチェコ&スロバキア，2019年にフランス，2021年に日本が主催する予定です（2020年は未定）。

大会の流れ

代表生徒の数は国のサイズに関係なく，人口が13億の中国も0.01億（100万）のキプロスも「4名以下」と決まっています。参加費と渡航費は参加国がもち，経費などの都合で代表を3名以下しか送れない国もあるため，例えば2015年のアゼルバイジャン大会は「75カ国・292名」でした。

IChOは7月の10日間，主催国が設営した会場で行われます。2010年の日本大会（7月19～28日）を例に，10日間の流れを表1にまとめました。

2日目が開会式（写真1），4日目が実験試験，6日目が筆記試験，9日目が表彰式・閉会式です（初日は到着日，10日目は解散日）。

会期10日間のうち，各5時間の実験試験と筆記試験に挑む生徒たちは，最後の大事な表彰式・閉会式を除く大半が自由時間です。そのため主催国は，エクスカッション（写真2）やスポーツ大会，文化体験（写真3）などをあれこれ用意します。

自由時間に諸国の仲間とどれほど交流したかで，代表生徒たちの充実感が変わるようです。ふつう交流では英語が共通語になるため，「もっと英会話をやっておけばよかった」という後悔の弁を，いままで何人かの生徒から聞きました。

かたや引率教員（3～4名）に休みはあまりありません。まず，実験課題と筆記問題のセミファイナル版を「叩き合う」会

議に出ます（ときには深夜近くまで）。そのあと，仕上がって早朝に配られた最終版（英語）を，自国の生徒向けに翻訳します（写真4）。英語圏の国は別にして，翻訳はほぼ丸一日の作業です。ちなみに2010年の日本大会では翻訳に約40の言語が使われました。

これでお分かりのように，引率教員は実験

表1 2010年日本大会の日程

日 時	代表生徒	引率教員
1日目	到着，登録，歓迎パーティー	
2日目	開会式（代々木・オリンピックセンター）	
	午前	観光（都内）
	午後	実験会場チェック
	自由時間	実験課題検討会
3日目	エクスカッション（鎌倉）	実験課題の翻訳
4日目	午前	安全講習
	午後	実験試験（5時間，早稲田大学）
	自由時間	筆記問題検討会
5日目	レクリエーション（日本文化体験）	筆記問題翻訳
6日目	午前	筆記試験（5時間，東京大学）
	午後	自由時間
	夜	再会パーティー
7日目	午前	レクリエーション（スポーツ等）
	午後	採点
	夜	エクスカッション（千葉）
8日目	午前	運営会議
	午後	得点調整会議
	自由時間	自由時間
	夜	メダル授与判定会議
9日目	午前	自由時間
	午後	表彰式，閉会式（早稲田大学）
	夜	お別れパーティー
10日目	出発	

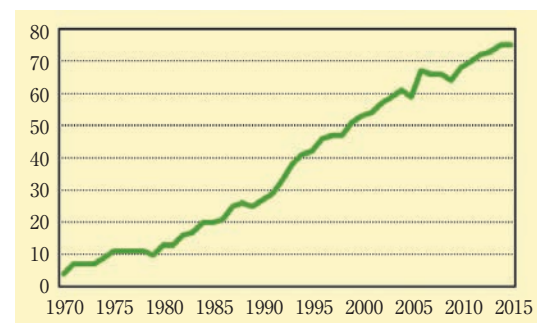


図1 IChO参加国数の推移



写真1 日本大会の開会式
秋篠宮殿下・妃殿下をお招きした。
2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真2 エクスカッション 東照宮で
2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真3 文化体験 書道

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真4 翻訳シーン

2008年ハンガリー大会。筆者撮影



写真5 「再会パーティー」のシーン

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真6 得点調整の「対決」シーン

2008年ハンガリー大会。筆者撮影

課題も筆記問題もあらかじめ「見てしまう」わけですから、開会式のあとしばらくは生徒と完璧に隔離されます。宿泊場所も20~30 kmは離すというルールがあり、日本大会では生徒を代々木、引率教員を幕張に宿泊させました。また互いの連絡ができないよう、6日目の筆記試験が終わるまでは生徒の携帯電話も事務局が預かります。

こうして6日目の夜、久々に顔を合わせた教員と生徒の「再会パーティー」(写真5)を行うのが通例です。

試験がすむと、生徒の答案を主催国と各国が個別に採点して突き合わせますが、主催国の採点結果に不満があれば(ないほうが珍しい)、「得点調整」という膝詰め談判(写真6)が行われます(主催国側の点数が想定外に高いなら、もちろん放置)。そんな直接業務のほか、IChO運営方針の検討会などにも振り

回される引率教員は、おおむね筆記試験のさなかと直後(計およそ1日半)だけ、エクスカッションなどで束の間の息抜きをするしかありません。

日本の参加と主催

日本のIChO初参加は、2003年の第35回ギリシャ大会でした。先進国としては最後の参加です。IChOの存在を知りつつも遅れに遅れた理由のひとつは、日本と海外諸国の高校化学カリキュラムにある大差(日本の立ち遅れ。後述)です。そしてもうひとつ、日本なら、参加からほどなく主催を打診されるはずですが、その経費(数億円規模)を調達するメドが立たなかったこともあります。

とはいえ、いつまでも不参加を続けるわけにもいかず、化学会は1998年から「国体」にあたる「高校化学グランプリ」(筆者の命



写真7 実験試験シーン

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真8 筆記試験シーン

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より

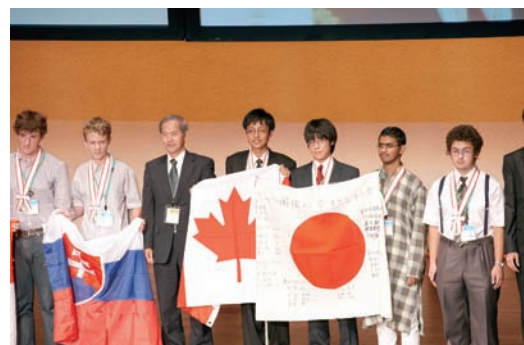


写真9 表彰式シーン

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より



写真10 お別れパーティーでの国際交流

2010年日本大会の写真集 <http://photo.icho2010.org/> より

名)を始めました(一次選考の参加者は順調に伸び、いま4,000名弱)。生徒たちの出来を見て「いけそうだ」と判断し、IChOの運営委員会と折衝を重ねた結果、2003年の初参加となったわけです。

すると予想どおり主催を打診されたため2006年ごろから準備にかかり(組織委員長:野依良治先生, 実行委員長:筆者), 2010年の日本大会を開催できました。なお、いま参加国が75だとはいえ「主権力」のない国も多く、日本は11年後の2021年に再び主催する予定です。開催地はエクスカッションや文化体験に便利な関西と決め、組織づくりが少しずつ始まっています。

生徒の表彰

実験試験(写真7)40点と筆記試験(写真8)60点を合わせ100点満点ですが、なにし

ろ各5時間の長丁場で、問題数が多く設問に軽重があり、部分点もつけるため、得点は1点刻みではありません。例えば、「8点分の大問」に3個の問いを設け、正答の「ポイント(重み)」をそれぞれ4, 7, 10と決めておき、問い1と2に正答すれば8点 $\times(4+7) \div 21 = 4.190$ 点になります。というわけで、総合点は「65.2437」のような姿になるのです。

生徒を総合得点の順に並べたあと9日目の表彰式(写真9)となり、おおむね上位10%に金メダル, 続く20%に銀メダル, 30%に銅メダルが与えられます(惜しくも銅メダルを逃した数名に「敢闘賞」, 実験や筆記の成績トップに「特別賞」などを与えるかどうかは、主催国側の裁量範囲)。

表彰式のあとは、最後のお別れパーティーです(写真10)。アルコール飲料も出て、17

表2 筆記試験用シラバスの「既習事項」(一部)	
基礎・無機	核子, 放射性壊変 ($\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ 壊変), 水素類似原子の量子数 n, l, m と $s \cdot p \cdot d$ 軌道, フントの規則, パウリの排他率, 単純な VSEPR 理論, p ブロック元素の酸化数, 無機物質の立体化学, おもな遷移元素の酸化数とイオンの色, ヨウ素滴定
物理化学	溶解度積と溶解度, エンタルピー, 熱容量, エントロピー, ギブズエネルギー, 熱力学第二法則, 標準電極電位, 酸塩基平衡の平衡定数, ネルンストの式, 錯形成反応
有機化学	有機化合物の構造と反応性 (極性, 求電子性, 求核性), 炭素原子の混成軌道と結合の幾何学, s 結合と p 結合, 共鳴構造, フィッシャー投影図, 立体化学, 求電子的置換反応, 求核的付加反応



写真11 2008年ハンガリー大会の実験台
後方は、日本の代表生徒が使う器具をチェックする引率教員等。筆者撮影

～18歳になると飲酒可の国も多いため、引率教員も生徒も大いに盛り上がり、国際交流が進むことになります。

競う内容

実験も筆記も「国際標準の高校化学」を考えたシラバスに従って出題されます。その内容は、日本の高校カリキュラムをだいぶ超えています。「オリンピックらしくハードルを高める」というよりは、諸国の高校が日本より進んでいる（進化してきた）のです（教科ごとに温度差はありますが）。

例として、筆記試験用シラバスに「高校の既習事項」とある項目の一部を、表2にまとめました。初めてこれを見る化学系の方々は目を疑うでしょう。なにしろ日本では、大半

が理系の大学1・2年次、ものによっては3年次でようやく出合う話なのですから。

実験のほうは通常、5時間のうちに3つの課題をこなします。日本の高校教科書にある生徒実験は、懇切な指示どおりに手を動かせば全員がほぼ同じ結果になるものですが、IChOの実験はそんなものではありません。課題の「最終ゴール」を簡潔に書いた紙が渡され、場所を指定した実験台にはそれらしい器具がそろえてあるとはいえ(写真11)、ときにはダミーの器具も置いてあります。要するに、「どの器具をどんな順に使うか」も生徒自身がその場で考え、操作を進めなければいけないのです。

実験試験でも筆記試験でも、使う素材(物質や反応)には、高校教科書でまず扱わないものが少なくありません。化学の要点つまり、①原子どうしがつながる理由と、②反応がその向きに進む理由をつかんでいれば、初体験の物質や反応を素材にしたほうが、「化学力」を正しく判定できるからでしょう。

諸国は①と②のサワリを高校で教えるのに、あいにく日本の高校カリキュラムは、その肝心なことをほとんど扱いません。なお、解答に必要な周期表や公式はみな問題冊子に載っているため、覚えていなくても大丈夫です。周期表や公式を「使いこなす」力が問われるのです。むしろ、「暗記の量」を問う問題もあります。

日本代表生徒の成績

IChOの本番で日本の生徒は「大学以上」に挑むわけですから、派遣前トレーニングが欠かせません。しかも、ほかの国なら高校教員が指導できるところ、実験も筆記も、指導は大学教員の仕事になります。初派遣から14年のうちに指導体制も固まっているため、安心して(?)一次選考に参加してください。

会期の7月は、たいていの国なら高校3年間の課程を終えたあとですから、学年暦が4

月開始の日本にとっては、少しハンデを背負った戦いになります。なにしろIChOの代表は、前年の一次選考時に1年生か2年生なので、学校でまだ「化学さえ始まっていない」ケースもあるのです。

とはいえ、数千名の一次選考参加者から選ばれた代表生徒4名は、磨けば光る原石といえるのか、さすがに実力はたいしたものです。2003～2016年の代表生徒が残した成績を表3にまとめました。手探り状態だった初回(2003年)を除き、全員がメダリストになっているのがお分かりでしょう(写真12)。

ほかの教科と同様、IChOでモノをいうのは「論理的思考力」です。化学でそれができれば、むしろ他教科にも通用します。

その関連でひとつエピソードを紹介しましょう。2008年のハンガリー大会に出た某県立高校のS君(出場時3年生)は、帰国後すぐの模擬試験で化学の成績は惨憺たるものでした。大学入試の化学が、雑知識と中学レベルの計算力しか問わず、肝心な「なぜ原子同士はつながるのか?」と「なぜ反応はその向きに進むのか?」を問わないからです。けれど同君はたちまち「社会復帰」を果たし、東京大学に合格しています。

同様な例は、他教科の関係者からもよく伺えます。論理的思考力を身につけてさえいれば、どんな分野だろうと、大学入試レベルの話なら難なくクリアできるのでしょう。

おわりに

代表生徒の数は、数学の6名と物理の5名を除き各教科4名ですから、いま日本では毎年、31名の生徒がオリンピックに出場します。10年間の310名は、これから大きな力となり、将来の日本を背負ってくれることでしょう。

昨今、オリンピック代表や国内選抜で優秀な成績をあげた高校生には、いくつもの大学が入試で特別枠を設けるようになりました。

表3 日本代表生徒の成績		
年(開催回)	主催国	成績
2003 (35)	ギリシャ	銅2, 敢闘賞2
2004 (36)	ドイツ	金1, 銅3
2005 (37)	台湾	銀1, 銅3
2006 (38)	韓国	金1, 銀3
2007 (39)	ロシア	銅4
2008 (40)	ハンガリー	銅4
2009 (41)	イギリス	金2, 銀1, 銅1
2010 (42)	日本	金2, 銀2
2011 (43)	トルコ	金1, 銀3
2012 (44)	アメリカ	金2, 銀2
2013 (45)	ロシア	銀4
2014 (46)	ベトナム	金1, 銀2, 銅1
2015 (47)	アゼルバイジャン	金2, 銀2
2016 (48)	ジョージア	金1, 銀3



写真12 表彰式直後の笑顔
2009年イギリス大会。筆者撮影

東京大学も2016年から100名の枠を推薦入試に充てています。身近に入学者のうち2～3名(化学グランプリのトップクラス)がいるという教員(知人)は、彼らの実力や勉学態度を絶賛していました。

製品の「使用前・使用后」ではありませんが、国内選抜でもIChOの本番でも、苦しみ耐えぬいて立派な成果をあげた生徒が「大化け」を果たすのは、筆者もたびたび目にしてきました。

高校生諸君は(中学生諸君も)ぜひ、「競い合って大きく伸びる」チャンスだととらえ、化学に限らず理数系オリンピックの国内選抜に参加しましょう。